

**①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offnungsschrift
DE 196 16 526 A 1

(51) Int. Cl.⁸:
B 23 Q 1/25
 B 23 C 3/16
 B 24 B 13/00

21 Aktenzeichen: 196 16 526.1
22 Anmeldetag: 25. 4. 96
43 Offenlegungstag: 6. 11. 97

DE 196 16 526 A 1

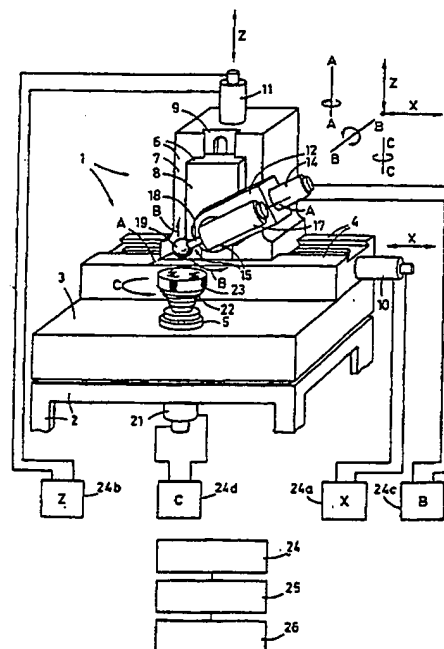
⑦1 Anmelder:
Jung, Rainer, 57290 Neunkirchen, DE

74 Vertreter:
Hemmerich, Müller & Partner, 57072 Siegen

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Maschine zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe für die Herstellung von Optikteilen

57) Vorgeschlagen und beschrieben wird eine Maschine 1 zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe, z. B. für die Herstellung von Brillengläsern, die sich dadurch auszeichnet, daß das Bearbeitungswerkzeug 19 relativ zum Werkstück 23 zusätzlich um eine Achse B-B gesteuert schwenkverstellbar angeordnet ist, die sich im rechten Winkel zu einer durch beide Koordinaten eines rechtwinkligen bzw. karthesischen Koordinatensystems geführten Ebene erstreckt. Dabei wird diese Schwenkverstell-Achse B-B in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit einem Mittelpunkt M bzw. einem Zentrum zum Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeugs 19 um die Spindeldrehachse A-A gehalten und die Schwenkverstell-Achse B-B erstreckt sich zugleich auch ständig im rechten Winkel zur Drehachse A-A des Bearbeitungswerkzeuges 19. Der Winkelsupport 12 wird durch einen Stellmotor 14 um die Schwenkverstell-Achse B-B verlagert, welcher in rechnergesteuerter Verbindung mit einem Servoregler 24 steht.



DE 196 16 526 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09.97 702 045/105

13/24

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Maschine zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe für die Herstellung von Optikeilen, insbesondere von Brillengläsern, mit sphärischen, asphärischen, torischen, atorischen, zylindrischen oder auch anderen optisch wirksamen Flächen durch Fräs- und/oder Schleif- sowie Polierprozesse. Dabei umfaßt die Maschine

- einen Spindelstock mit einer rotierenden Spindel, auf deren freiem Ende ein Werkstückträger für einen Optikkörper, z. B. eine Blockspannvorrichtung für einen Linsenrohling, sitzt,
- einen Antriebskopf mit einer schnellaufenden Spindel für die Aufnahme eines Bearbeitungswerkzeugs, bspw. eines Fräasers oder Schleifkörpers,
- zwei Supporte oder Schlitten, die relativ zueinander und zu einem Grundgestell in einem rechtwinkligen oder karthesischen Koordinatensystem verstellbeweglich angeordnet sind,
- einen Winkelsupport, mit dem das Bearbeitungswerkzeug relativ zum Werkstückträger und/oder Optikkörper in die Bearbeitungspositionen bringbar ist,
- wobei durch die im Koordinatensystem verstellbaren Supporte oder Schlitten das Bearbeitungswerkzeug gegen das Werkstück bzw. den Optikkörper an- und zustellbar ist,
- wobei einer der Supporte oder Schlitten in Richtung der bzw. parallel zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes verstellbar und der andere Support oder Schlitten quer zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger Spindelstockes verstellbar ausgerichtet ist,
- und wobei die zu einer durch beide Koordinaten des Koordinatensystems geführten Ebene parallele Achsebene des Antriebskopfes und des Bearbeitungswerkzeuges mit der Drehachse der Werkstückträger-Spindel des Spindelstockes zusammenfällt.

Eine Maschine dieser gattungsgemäßen Art ist in der DE 41 35 306 A1 zusammen mit einem Verfahren und einem System zum Oberflächenbearbeiten und Kantenbeschneiden eines Brillenglasrohlings bereits offenbart.

Der DE 41 35 306 A1 können darüber hinaus auch noch eine Vielzahl von Informationen, Anforderungen und Bedingungen entnommen werden, die für eine Bearbeitung von Optikeilen, insbesondere Brillengläsern, auf der Grundlage gegebener Rezept- bzw. Verschreibungsdaten bedeutsam sind.

Die jeweiligen Rezept- bzw. Verschreibungsdaten werden einem elektronischen Rechner, bspw. mittels einer Eingabeeinheit, zugeführt und darin zur Beeinflussung eines Servoreglers verarbeitet. Der Servoregler setzt die im Rechner zu numerischen Maschinenbetriebsdaten umgewandelten Rezept- bzw. Verschreibungsdaten in Bewegungen von Antriebs- bzw. Stellmotoren um, von denen einer die jeweilige Drehwinkellage des Werkstückträgers mit dem Optikkörper um die Spindelstockachse relativ zum Bearbeitungswerkzeug einstellt bzw. positioniert. Von zwei weiteren Stellmotoren wird jeweils die axiale und die radiale Position zwischen dem Werkstück bzw. dem Optikkörper und dem Bearbeitungswerkzeug in der Zeiteinheit bestimmt. Jeder einzelne Bearbeitungspunkt am Werkstück bzw. Optikkörper aus einer sehr großen Anzahl von Bearbei-

tungspunkten, welche miteinander die Form der durch die Rezept- bzw. Verschreibungsdaten vorgegebenen optisch wirksamen Fläche des Optikeiles (Brillenglases) definieren, besteht damit aus drei Koordinaten.

- 5 Auf jeden einzelnen Bearbeitungspunkt am Optikkörper bzw. Linsenrohling für das Brillenglas wirkt das Bearbeitungswerkzeug mit einem Umfangslinien-Bereich ein, welcher einerseits von der mit Hilfe des Winkelsupports fest voreingestellten Winkellage der Rotationsachse des Bearbeitungswerkzeuges gegenüber derjenigen Rotationsebene abhängig ist, auf welcher der mit dem Optikkörper besetzte Werkstückträger mittels seiner Spindel im Spindelstock rotiert. Andererseits bestimmt sich jedoch der jeweils am Optikkörper bzw. Linsenrohling in der Zeiteinheit wirksame Umfangslinien-Bereich des Bearbeitungswerkzeuges aus der durch die Rezept- bzw. Verschreibungsdaten vorgegebenen axialen und radialen Raumlage des betreffenden Bearbeitungspunktes gegenüber dem Ursprungspunkt 0 der jeweils betroffenen optisch wirksamen Fläche. Mit der sich gegenüber dem Ursprungspunkt 0 der jeweils vorgegebenen optisch wirksamen Fläche fortwährend ändernden Raumlage der einzelnen Bearbeitungspunkte ändern sich auch ständig die am Werkstück bzw. Optikkörper wirksam werdenden Umfangslinien-Bereiche des Werkzeuges und damit die Schnittbedingungen. Das gilt insbesondere für den Freiwinkel, also den Winkel zwischen der Schnittfläche des Werkstücks und der Freifläche der Schneide; für den Spanwinkel, also den Winkel zwischen der Senkrechten auf die Schnittfläche und der Spanfläche, sowie für den Schnittwinkel, also den Winkel zwischen Schnitt- und Spanfläche.

- Es liegt auf der Hand, daß diese Art der Oberflächenbearbeitung des einen Optikkörper bildenden Werkstücks (Linsenrohlings) nicht frei von Fehlern sein kann und daß die diesem Fräs- und/oder Schleifprozeß eigentümlichen Bearbeitungsfehler sich nur noch mit dem nachfolgenden Polierprozeß — also entsprechend aufwendig — korrigieren lassen.

Nachteilig ist auch, daß bedingt durch die Arbeitsweise der vorbekannten Maschine nur Werkzeuge mit relativ kleinem Durchmesser zum Einsatz kommen können, weil nämlich beim Arbeiten mit Werkzeugen großen Durchmessers die Gefahr besteht, daß die Peripheriebereiche des jeweils in Bearbeitung befindlichen Optikkörpers (Linsenrohling) in höchst unerwünschter Weise beschädigt werden.

- Es ist nun das Ziel der Erfindung, die den bekannten Maschinen der eingangs erwähnten Art noch eigentümlichen Unzulänglichkeiten zu überwinden und die materialabtragende Bearbeitung optischer Werkstoffe für die Herstellung von Optikeilen, insbesondere von Brillengläsern, zu erleichtern. Es liegt deshalb der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Maschine der eingangs näher spezifizierten Gattung dahingehend weiter zu verbessern, daß sich eine höhere Präzision zumindest bei der Durchführung der Fräs- und/oder Schleifprozesse an den Optikkörpern, insbesondere Linsenrohlingen, erreichen läßt. Darüber hinaus soll aber auch die Möglichkeit geschaffen werden, für die Bearbeitung der optisch wirksamen Flächen an den Werkstücken Werkzeuge mit größeren Durchmessern einsetzen zu können, um dadurch höhere Spanleistungen und eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit zu erhalten.

Es wurde gefunden, daß die Lösung dieser relativ komplexen Aufgabe verblüffend einfach erreichbar ist, wenn

- der Winkelsupport mit dem Antriebskopf und dem Bearbeitungswerkzeug um eine Achse gesteuert schwenkverstellbar angeordnet ist, die sich im rechten Winkel zu der durch beide Koordinaten des Koordinatensystems geführten Ebene erstreckt,
- diese Schwenkverstell-Achse in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit einem Mittelpunkt (Zentrum) zum Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeuges um die Spindeldrehachse des Antriebskopfes gehalten ist,
- und diese Schwenkverstell-Achse sich zugleich auch ständig im rechten Winkel zur Spindeldrehachse des Antriebskopfes bzw. Bearbeitungswerkzeuges erstreckt,
- wobei außer dem Antriebs- bzw. Stellmotor der Werkzeugträger-Spindel und den Stellmotoren für die beiden Supporte oder Schlitten auch noch ein weiterer Stellmotor für die Schwenkverstell-Achse des Winkelsupports in rechnergesteuerter Verbindung mit einem Servoregler steht.

Zusätzlich zu den Rotationsachsen von Werkstückträger und Bearbeitungswerkzeug sowie zu den beiden Koordinatenachsen des rechtwinkligen oder karthesischen Koordinatensystems wird also erfindungsgemäß an der Maschine eine fünfte Bewegungsachse verfügbar gemacht. Über diese läßt sich — rechnergesteuert — die An- und Zustellung des Bearbeitungswerkzeuges relativ zu dem der Bearbeitung zu unterwerfenden Optikkörper, insbesondere dem Linienrohling für ein Brillenglas, zusätzlich beeinflussen. Es wird nämlich erreicht, daß zumindest die Fräs- und/oder Schleifprozesse zur Ausbildung der optisch wirksamen Flächen an den Optikkörpern, insbesondere an den Linienrohlings für Brillengläser, mit einer Präzision ablaufen, die einen nachfolgend notwendigen Polierprozeß erheblich verringert bzw. minimiert.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der Winkelsupport aus einer auf die Drehachse von Spindel und Werkzeugträger des Spindelstockes ausgerichteten Grund- bzw. Ausgangsstellung um die Schwenkverstell-Achse sowohl im Uhrzeiger-Drehsinn als auch im Gegenuhrzeiger-Drehsinn jeweils um einen Winkel von bis zu 90° verlagerbar vorgesehen bzw. angeordnet ist. Hierdurch wird nämlich gewährleistet, daß sich alle verfügbaren Bauformen von Bearbeitungswerkzeugen problemlos zur materialabtragenden Bearbeitung der optischen Werkstoffe einsetzen lassen. Dabei ist besonders wichtig, daß nach der Erfindung der Schneidenverlauf am Bearbeitungswerkzeug bezogen auf dessen in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit der Schwenkverstell-Achse des Winkelsupports gehaltenen bzw. ausgerichteten Mittelpunkt mit einem definierten Durchmesser und auf einem definierten Kreisabschnitt vorgesehen werden kann. Der Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeuges läßt sich dann nämlich mittels des Winkelsupports relativ zu dem vom Werkstückträger des Spindelstockes gehaltenen Optikkörper auf jeden beliebigen Bearbeitungspunkt eines von Verschleiß- bzw. Rezeptinformationen bestimmten Satzes von Bearbeitungspunkt-Daten mit Hilfe des rechnergesteuerten Servoreglers exakt tangential ausrichten.

In erfindungsgemäßer Weiterbildung der Maschine hat es sich besonders bewährt, wenn die Spindel mit dem Werkstückträger im Spindelstock drehantreibbar, aber relativ zu einem Grundgestell axial fest gelagert ist,

und wenn der Antriebskopf mit Werkzeugspindel und Bearbeitungswerkzeug auf einem vom Spindelstock unabhängigen bzw. getrennt am Grundgestell angeordneten Support bzw. Schlitten sitzt, wobei der Schlitten in Richtung der bzw. parallel zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes relativ zum Grundgestell verstellbar ist. Darüber hinaus kann der den Winkelsupport für den Antriebskopf mit Werkzeugspindel und Bearbeitungswerkzeug tragende Support bzw. Schlitten der eine Teil eines Kreuzsupports oder -schlittens sein, welcher mit seinem anderen Support- bzw. Schlittenteil verstellbeweglich auf dem Grundgestell ruht, auf bzw. in dem der Spindelstock mit der Werkstückträger-Spindel axial fest angeordnet ist.

Bei einer anderen Bauart einer Maschine nach der Erfindung kann die Spindel mit dem Werkstückträger im Spindelstock drehantreibbar, aber axial fest gelagert sein, während der Spindelstock auf einem Support bzw. Schlitten sitzt, der in Richtung bzw. parallel zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger verstellbar an einem Grundgestell geführt ist, wobei der Winkelsupport für den Antriebskopf mit Werkzeugspindel und Bearbeitungswerkzeug von einem zweiten Support bzw. Schlitten getragen ist, welcher in Richtung quer zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes verstellbar ebenfalls auf dem Grundgestell geführt ist.

In allen Fällen hat sich ein Aufbau der erfindungsgemäßen Maschine bewährt, bei dem die Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes im Grundgestell vertikal orientiert bzw. ausgerichtet ist.

Es ist selbstverständlich aber auch durchaus denkbar, die Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes im Grundgestell horizontal orientiert bzw. ausgerichtet vorzusehen, wenn das — wie im Falle der DE 41 35 306 A1 vorgesehen ist — wünschenswert oder notwendig erscheint. In diesem Falle wäre dann die Verstellbarkeit der beiden Supporte oder Schlitten im rechtwinkligen oder karthesischen Koordinatensystem insgesamt horizontal orientiert vorzusehen, die Schwenkverstell-Achse für den Winkelsupport jedoch vertikal auszurichten.

In den beigefügten Zeichnungen ist die erfindungsgemäße Maschine in einem Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 in schematisierter Raumformdarstellung alle wesentlichen Bau- und Funktionskomponenten einer Maschine zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe,

Fig. 2 die funktionswesentlichen mechanischen Baukomponenten der Maschine nach Fig. 1 in Ansicht von vorne,

Fig. 3 die funktionswesentlichen mechanischen Baukomponenten der Maschine nach Fig. 1 in Seitenansicht von rechts gesehen, während die

Fig. 4a, 4b und 4c drei verschiedene Bearbeitungspositionen eines als Bearbeitungswerkzeug benutzten Fräasers an ein und derselben Linse für ein Brillenglas wiedergeben, die aus einem Optikkörper, z. B. einem von einer Blockspanneinrichtung getragenen Linienrohling herauszuarbeiten ist.

In den Fig. 1 bis 3 der Zeichnung ist eine Maschine 1 zu sehen, mit deren Hilfe eine materialabtragende Bearbeitung optischer Werkstoffe für die Herstellung von Optikeilen, insbesondere von Brillengläsern, durch Fräs- und/oder Schleif- sowie Polierprozesse vorgenommen werden kann. Diese Maschine 1 hat ein Grundgestell 2 und einen darauf ruhenden Hauptkörper 2, der

in seinem hinteren Bereich mit einem horizontal ausgerichteten Führungsbett 4 versehen ist. Der vordere Bereich des Hauptkörpers 3 enthält oder bildet hingegen einen sogenannten Spindelstock 5. Auf dem Führungsbett 4 ruht ein Kreuzsupport oder -schlitten 6, dessen beide Supporte oder Schlitten 7 und 8 relativ zum Hauptkörper 3 und zum Grundgestell 2 in einem rechtwinkligen oder karthesischen Koordinatensystem verstellbeweglich angeordnet sind. Dabei ist der Support bzw. Schlitten 7 entlang dem horizontalen Führungsbett 4 in Richtung der X-Koordinate verschiebbar angeordnet, während der Support bzw. Schlitten 8 entlang einer Führung 9 des Supports bzw. Schlittens 7 vertikal in Richtung der Z-Koordinate verstellbar ist. Die Bewegungen des Kreuzsupports oder -schlittens 6 werden durch zwei Stellmotoren 10 und 11 hervorgebracht. Dabei sitzt der Stellmotor 10 seitlich am Hauptkörper 3 der Maschine 1 und bewirkt die Bewegung des Supports bzw. Schlittens 7 entlang dem Führungsbett 4. Der Stellmotor 11 ist oben auf dem Schlitten 7 angeordnet und dient der Bewegung des Supports bzw. Schlittens 8 entlang der Führung 9.

An der Stirnseite des Supports bzw. Schlittens 8 ist ein Winkelsupport 12 angeordnet. Und zwar ist er daran um einen horizontalen Schwenkverstell-Zapfen 13 beweglich, der von der Stirnseite des Supports bzw. Schlittens 8 absteht und mit einer Achse B-B fluchtet, die rechtwinklig zu der den beiden Koordinaten X und Z gemeinsamen Ebene verläuft. Um den Schwenkverstell-Zapfen 13 bzw. um die Achse B-B ist der Winkelsupport 12 gesteuert schwenkverstellbar. Das mit Hilfe eines weiteren Stellmotors 14, der bspw. an dem vom Schwenkverstell-Zapfen 13 entfernten Ende des Winkelsupports 12 sitzt. Dabei läßt sich der Winkelsupport aus einer vertikal ausgerichteten Grund- bzw. Ausgangsstellung (vgl. Fig. 2) um den Schwenkverstell-Zapfen 13 sowohl im Uhrzeiger-Drehsinn als auch im Gegenuhrzeiger-Drehsinn jeweils um einen Winkel bis zu 90° verlagern. D.h., er ist insgesamt um 180° relativ zum Support oder Schlitten 8 schwenkverstellbar angeordnet.

Am Winkelsupport 12 ist wiederum ein Antriebskopf 15, bspw. über einen Ausleger 16 befestigt. Dieser weist eine über einen Antriebsmotor 17 schnelllaufend drehantreibbare Spindel 18 zur Aufnahme eines Bearbeitungswerkzeuges 19, bspw. eines Fräasers oder eines Schleifkörpers auf. Dabei rotiert die Spindel 18 mit dem Bearbeitungswerkzeug 19 im Antriebskopf 15 um eine Achse A-A, die sich immer rechtwinklig zur Achse B-B des Schwenkverstell-Zapfens 13 für den Winkelsupport 12 erstreckt und diese ständig in einem Punkt M schneidet.

Mit Hilfe des Winkelsupports 12 läßt sich der Antriebskopf 15 um den Schwenkverstell-Zapfen 13 bzw. um dessen Achse B-B so bewegen, daß sich die gemeinsame Rotationsachse A-A von Spindel 18 und Bearbeitungswerkzeug 19 auf einer Ebene winkelverlagert, die sich parallel zur gemeinsamen Ebene durch die beiden Koordinaten X und Z erstreckt. Wichtig dabei ist, daß der Schnittpunkt M zwischen den beiden Achsen A-A und B-B auch in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit einem Mittelpunkt bzw. Zentrum zum Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeuges 19 gehalten wird, wie das deutlich in den Fig. 2 und 3 der Zeichnung zu sehen ist.

Die Ebene, auf welcher die gemeinsame Rotationsachse A-A der Spindel 18 des Antriebskopfes 15 und des Bearbeitungswerkzeuges 19 mit Hilfe des Winkelsupp-

orts um den Schwenkverstell-Zapfen 13 bzw. um dessen Achse B-B verlagert ist, fällt ständig mit einer Achse C-C zusammen, um die im Spindelstock 5 des Hauptkörpers 3 der Maschine 1 eine Spindel 20 rotieren kann, die von einem Antriebs- bzw. Stellmotor 21 bewegt wird. Auf das nach oben gerichtete freie Ende der Spindel 20 ist ein Werkstückträger 22 für einen Optikkörper 23 gesetzt, bspw. eine Blockspanneinrichtung für einen Linsenrohling.

Gegen den vom Werkstückträger 22 gehaltenen Optikkörper 23, bspw. den Linsenrohling, kann mit Hilfe der beiden Supporte bzw. Schlitten 7 und 8 des Kreuzsupports oder -schlittens 6 das im Antriebskopf 15 sitzende Bearbeitungswerkzeug 19 zur Durchführung der materialabtragenden Bearbeitung an- und zugestellt werden. Dabei wird das Bearbeitungswerkzeug 19, bspw. ein Fräser oder Schleifkörper, mittels des Antriebsmotors 17 und der Spindel 18 des Antriebskopfes 15 um die Achse A-A in schnellaufende Drehung versetzt. Sogleich kann der Werkstückträger 22 mit dem Optikkörper 23 mit Hilfe des Antriebs- und Stellmotors 21 und der Spindel 20 intermittierend oder auch ständig um die Achse C-C des Spindelstockes 5 gedreht werden.

Während das im Antriebskopf 15 sitzende Bearbeitungswerkzeug 19 mit Hilfe des Antriebsmotors 17 um die Achse A-A in Rotation versetzt wird, findet die Bewegungssteuerung nicht nur für die beiden Supporte bzw. Schlitten 7 und 8 des Kreuzsupports 6 in Richtung der Koordinaten X und Z, sondern auch für die Schwenkverstellung des Winkelsupports um die Achse B-B und für die Drehverlagerung des Optikkörpers 23 um die Achse C-C des Spindelstockes 5 in simultaner Abhängigkeit von einem Servoregler 24 statt. Dieser steht wiederum mit einem Rechner 25 — Computer — in Verbindung. Der Servoregler 24 hat dabei jeweils eine Regler-Komponente 24a für den Stellmotor 10, eine Komponente 24b für den Stellmotor 11, eine Komponente 24c für den Stellmotor 14 und eine Komponente 24d für den Antriebs- und Stellmotor 21.

Dem Rechner 25 — Computer — werden, bspw. mit Hilfe einer geeigneten Eingabeeinheit 26, die jeweiligen Rezept- bzw. Verschreibungsdaten zugeführt. Nach deren Verarbeitung beeinflußt er dann den Servoregler 24 bzw. dessen einzelne Komponenten 24a, 24b, 24c und 24d. Diese wirken wiederum auf die Stellmotoren 10, 11, 14 und den Antriebs- bzw. Stellmotor 21 ein, damit hierdurch die Bewegungen nicht nur der Supporte bzw. Schlitten 7 und 8 des Kreuzsupporte oder -schlittens 6, sondern auch des Winkelsupports 12 und der Spindel 20 des Spindelstockes 5 mit dem Werkstückträger 22 und dem Optikkörper 23 hervorgebracht werden können. Hiernach fährt dabei das Bearbeitungswerkzeug 19 — der Fräser oder Schleifkörper — am Optikkörper 23, bspw. an einem Linsenrohling, eine große Vielzahl einzelner Bearbeitungspunkte ab, um dort die entsprechende materialabtragende Bearbeitung vorzunehmen. Währenddessen ist es außerordentlich wichtig, daß der Schnittpunkt M zwischen der Rotationsachse A-A des Bearbeitungswerkzeuges 19 und der Achse B-B des Schwenkverstell-Zapfens 13 des Winkelsupports 12 in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit einem Mittelpunkt bzw. Zentrum zum Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeuges 19 gehalten wird. Nur so kann nämlich gewährleistet werden, daß an jedem beliebigen Bearbeitungspunkt des Optikkörpers 23 auch optimale Arbeitsbedingungen eingehalten und somit Bearbeitungsfehler am Optikkörper 23, bspw. dem Linsenrohling eines Brillenglases, vermieden werden.

Während sich aus den Fig. 1 bis 3 der Zeichnung der Gesamtaufbau der Maschine 1 zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe ergibt, zeigen die Fig. 4a, 4b und 4c drei verschiedene Arbeitspositionen des Bearbeitungswerkzeuges 19, bspw. eines Fräasers, an ein und demselben Optikkörper 23. Zu erwähnen ist dabei, daß jede der Fig. 4a bis 4c nicht nur den Werkstückträger 22, sondern auch den Optikkörper 23 und das Bearbeitungswerkzeug 19 in einem gegenüber den Fig. 1 bis 3 wesentlich vergrößerten Maßstab wiedergibt. Auch hat das Bearbeitungswerkzeug 19 nach den Fig. 4a bis 4c keinen vollständig kugelförmig ausgestalteten Messerkopf 27, wie in den Fig. 1 bis 3 gezeigt. Vielmehr ist der Messerkopf 27 nach den Fig. 4a bis 4c im wesentlichen kegeltumpfförmig gestaltet und dabei lediglich im Bereich seines freien Endes mit einem Kugelschicht-Längenabschnitt 28 ausgestattet, dessen Kugelzentrum M mit der Rotationsachse A-A des Bearbeitungswerkzeuges 19 zusammenfällt; darüber hinaus aber auch — und das ist außerordentlich wichtig — mit der Achse B-B des Schwenkverstell-Zapfens 13 für den Winkelsupport 12 nach den Fig. 1 bis 3. Da der Mittelpunkt bzw. das Zentrum M zum Kugelschicht-Längenabschnitt 28 des Messerkopfes 27 innerhalb des sich zum Schaft 29 des Bearbeitungswerkzeuges 19 hin verjüngenden Kegeltumpf-Abschnitts liegt, ist klar, daß der Kugelschicht-Längenabschnitt 28 seine Kreisfläche 30 mit dem kleinen Durchmesser am freien Ende des Messerkopfes 27 hat, diese also vom Schaft 29 abgewendet ist.

Es sei nun — unter Betrachtung der Fig. 4a bis 4c — angenommen, daß aus dem auf dem Werkstückträger 22 befestigten Optikkörper 23 eine Linse 31 mit zwei optisch wirksamen Flächen, nämlich einer konvexen Linsenfläche 32 und einer konkaven Linsenfläche 33 herausgearbeitet werden soll. Auch sei angenommen, daß es im dargestellten Beispiel dabei um die Herstellung der konkaven Linsenfläche 33 durch materialabtragende Bearbeitung des Optikkörpers 23 mit Hilfe der Maschine 1 geht.

Bei der Durchführung dieser materialabtragenden Bearbeitung soll erreicht werden, daß der Messerkopf 27 des Bearbeitungswerkzeuges 19 an jedem einzelnen durch die Rezept- bzw. Verschreibungsdaten vorgegebenen Bearbeitungspunkt aus einer sehr großen Anzahl von Bearbeitungspunkten möglichst immer mit dem gleichen Umfangslinien-Bereich 34 seines Kugelschicht-Längenabschnitts 28 zur Wirkung kommt. Das ist in jeder der Fig. 4a bis 4c durch die Schnittpunkte einer sich normal zur Rotationsachse A-A erstreckenden strichpunktierten Linie mit der Umfangsfläche des Kugelschicht-Längenabschnitts 28 angedeutet.

Damit das Bearbeitungswerkzeug 19 diese Bedingungen immer, also unabhängig davon erfüllt, welcher Krümmungsbereich der konkaven Linsenfläche 33 augenblicklich von ihm bearbeitet wird, muß es mit seinem Messerkopf 27 ständig um dessen mit der Achse B-B fluchtendes Zentrum M winkelerlagert werden. Diese Winkelerlagerung muß dabei so genau und gezielt über den auf dem Schwenkverstell-Zapfen 13 gelagerten Winkelsupport 12 angesteuert werden, daß der vorgegebene Umfangslinien-Bereich 34-34 eine Tangente berührt, die sowohl am Krümmungsbogen des Kugelschicht-Längenabschnitts 28 als auch am Krümmungsbogen der konkaven Linsenfläche 33 anliegt. Welche unterschiedlichen Winkellagen für die Rotationsachse A-A des Bearbeitungswerkzeuges 19 relativ zur Drehachse C-C des Optikkörpers 23 bzw. der aus

diesem herauszuarbeitenden Linse 31 dabei einzustellen sind, läßt dabei ein Vergleich der Fig. 4a bis 4c miteinander deutlich erkennen.

Im Falle der Fig. 4a kann man unterstellen, daß das Bearbeitungswerkzeug 19 mit dem Umfangslinienbereich 34-34 seines Kugelschicht-Längenabschnitts 28 auf denjenigen Bearbeitungspunkt der konkaven Linsenfläche 33 einwirkt, welcher mit dem Ursprungspunkt 0 ihrer optisch wirksamen Fläche zusammenfällt.

Im Falle der Fig. 4b hat das Bearbeitungswerkzeug 19 mit dem gleichen Umfangslinien-Bereich 34-34 hingegen einen Bearbeitungspunkt an der konkaven Linsenfläche 33 erreicht, welcher weit links von der Mitte und relativ nahe dem linken Begrenzungsrand der herzustellenden Linse 31 liegt.

In Fig. 4c ist schließlich die Wirkstellung des Bearbeitungswerkzeuges 19 nahe dem rechten Begrenzungsrand der fertigzustellenden Linse 31 zu sehen, wobei auch dort der Kugelschicht-Längenabschnitt 28 des Bearbeitungswerkzeuges 19 mit seinem Umfangslinien-Bereich 34-34 auf einen Bearbeitungspunkt nahe dem rechten Linsenrand einwirkt.

Die völlig unterschiedlichen Winkel lagen der Rotationsachse A-A des Bearbeitungswerkzeuges 19 um die Achse B-B bzw. den damit zusammenfallenden Mittelpunkt M des Messerkopfes 27 lassen sich aus den Fig. 4a bis 4c deutlich entnehmen.

Abschließend soll ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die vorstehend in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkungsweise erläuterte Maschine 1 nicht auf den Einsatz eines Bearbeitungswerkzeuges 19 beschränkt ist, wie es in den Fig. 4a bis 4c gezeigt wird und anhand derselben auch erläutert worden ist.

Wie eingangs ausdrücklich hervorgehoben wurde, ist es vielmehr wichtig, daß Bearbeitungswerkzeuge jeder verfügbaren Bauart benutzt und so gesteuert werden können, daß die materialabtragende Bearbeitung sich mit erhöhter Präzision vollziehen läßt.

40 Bezugszeichenliste

- 1 Maschine
- 2 Grundgestell
- 3 Hauptkörper
- 4 Führungsbett
- 5 Spindelstock
- 6 Kreuzsupport oder -schlitten
- 7 Support bzw. Schlitten
- 8 Support bzw. Schlitten
- 9 Führung
- 10 Stellmotor
- 11 Stellmotor
- 12 Winkelsupport
- 13 Schwenkverstell-Zapfen
- 14 Stellmotor
- 15 Antriebskopf
- 16 Ausleger
- 17 Antriebsmotor
- 18 Spindel
- 19 Bearbeitungswerkzeug
- 20 Spindel
- 21 Antriebs- bzw. Stellmotor
- 22 Werkstückträger
- 23 Optikkörper
- 24 Servoregler
- 24a, 24b, 24c, 24d Komponenten des Servoreglers
- 25 Rechner (Computer)
- 26 Eingabeeinheit

27 Messerkopf des Bearbeitungswerkzeugs 19	
28 Kugelschicht-Längenabschnitt	
29 Schaft	
30 kleine Kreisfläche zum Kugelschicht-Längenabschnitt	5
31 Linse	
32 konvexe Linsenfläche	
33 konkave Linsenfläche	
34-34 Umfangslinien-Bereich des Kugelschicht-Längenabschnitts	10
A-A Rotationsachse des Bearbeitungswerkzeugs	
B-B Schwenkachse des Winkelsupports	
C-C Drehachse des Werkstückträgers 22	
X Bewegungskordinate des Supports oder Schlittens 7	
Z Bewegungskordinate des Supports oder Schlittens 8	15

Patentansprüche

1. Maschine (1) zur materialabtragenden Bearbeitung optischer Werkstoffe für die Herstellung von Optikteilen, insbesondere von Brillengläsern, mit sphärischen, asphärischen, torischen, atorischen, zylindrischen oder auch anderen optisch wirksamen Flächen, durch Fräs- und/oder Schleif- sowie Polierprozesse, umfassend
 - einen Spindelstock (5) mit einer rotierenden Spindel (20), auf deren freiem Ende ein Werkstückträger (22) für einen Optikkörper (23), z. B. eine Blockspanneinrichtung für einen Linsenrohling, sitzt,
 - einen Antriebskopf (15) mit einer schnell laufenden Spindel (18) für die Aufnahme eines Bearbeitungswerkzeugs (19), bspw. eines Fräasers oder Schleifkörpers,
 - zwei Supporte oder Schlitten (7 und 8), die relativ zueinander und zu einem Grundgestell (2) in einem rechtwinkligen oder karthesischen Koordinatensystem (X, Z) verstellbeweglich angeordnet sind,
 - einen Winkelsupport (12), mit dem das Bearbeitungswerkzeug (19) relativ zum Werkstückträger (22) und/oder Optikkörper (23) in seine Bearbeitungsposition bringbar ist,
 - wobei durch die im Koordinatensystem (X, Z) verstellbaren Supporte oder Schlitten (7, 8) das Bearbeitungswerkzeug (19) gegen das Werkstück bzw. den Optikkörper (23) an- und zustellbar ist,
 - wobei einer (8) der Supporte oder Schlitten (7 und 8) in Richtung der bzw. parallel zur Drehachse (C-C) von Spindel (20) und Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) verstellbar und der andere Support oder Schlitten (7) quer zur Drehachse (C-C) von Spindel (20) und Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) verstellbar ausgerichtet ist,
 - und wobei die zu einer durch beide Koordinaten (X und Z) des Koordinatensystems (X, Z) geführten Ebene parallele Achsebene des Antriebskopfes (15) und des Bearbeitungswerkzeugs (19) mit der Drehachse (C-C) der Werkstückträgerspindel (20) des Spindelstockes (5) zusammenfällt,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - der Winkelsupport (12) mit dem Antriebskopf (15) und dem Bearbeitungswerkzeug (19) um eine Achse (B-B) gesteuert schwenkverstellbar angeordnet ist, die sich im rechten

- Winkel zu der durch beide Koordinaten (X und Z) des Koordinatensystems (X, Z) geführten Ebene erstreckt,
- diese Schwenkverstell-Achse (13, B-B) in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit einem Mittelpunkt (M) (Zentrum) zum Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeugs (19) um die Spindeldrehachse (A-A) des Antriebskopfes (15) gehalten ist,
- und diese Schwenkverstell-Achse (13, B-B) sich zugleich auch ständig im rechten Winkel zur Spindeldrehachse (A-A) des Antriebskopfes (15) bzw. Bearbeitungswerkzeugs (19) erstreckt,
- wobei außer dem Antriebs- bzw. Stellmotor (21) der Werkzeugträger-Spindel (20) und den Stellmotoren (10, 11) für die beiden Supporte oder Schlitten (7 und 8) auch noch ein Stellmotor (14) für die Schwenkverstell-Achse (13, B-B) des Winkelsupports (12) in rechnergesteuerter Verbindung mit einem Servoregler (24) steht.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelsupport (12) aus einer auf die Drehachse (C-C) von Spindel (20) und Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) ausgerichteten Grund- bzw. Ausgangsstellung um die Schwenkverstell-Achse (B-B, 13) sowohl im Uhrzeiger-Drehsinn als auch im Gegenuhrzeiger-Drehsinn jeweils um einen Winkel bis zu 90° verlagerbar vorgesehen bzw. angeordnet ist.
 3. Maschine nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schneidenverlauf am Bearbeitungswerkzeug (19) bezogen auf dessen in ständiger Flucht- bzw. Deckungslage mit der Schwenkverstell-Achse (B-B, 13) des Winkelsupports (12) gehaltenen bzw. ausgerichteten Mittelpunkt (M) mit einem definierten Durchmesser (34-34) und auf einem definierten Kreisausschnitt (28) vorgesehen ist.
 4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schneidenverlauf des Bearbeitungswerkzeugs (19) mittels des Winkelsupports (12) relativ zu dem vom Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) gehaltenen Optikkörper (23) auf jeden beliebigen Bearbeitungspunkt eines von Verschreibungs- bzw. Rezeptinformationen bestimmten Satzes von Bearbeitungspunkt-Daten exakt tangential ausrichtbar ist.
 5. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindel (20) mit dem Werkstückträger (22) im Spindelstock (5) drehantreibbar (21), aber relativ zu einem Grundgestell (2) axial fest gelagert ist, und daß der Antriebskopf (15) mit Werkzeugspindel (18) und Bearbeitungswerkzeug (19) auf einem vom Spindelstock (5) unabhängigen bzw. getrennt am Grundgestell (2) angeordneten Support bzw. Schlitten (8) sitzt, wobei der Schlitten (8) in Richtung der bzw. parallel zur Drehachse (C-C) von Spindel (20) und Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) relativ zum Grundgestell (2) verstellbar ist.
 6. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der den Winkelsupport (12) für den Antriebskopf (15) mit Werkzeugspindel (18) und Bearbeitungswerkzeug (19) tragende Support bzw. Schlitten (8) der eine Teil eines Kreuzsupports oder -schlittens (6) ist, welcher mit

seinem anderen Supportbzw. Schlittenteil (7) verstellbeweglich auf dem Grundgestell (2) ruht, auf bzw. in dem der Spindelstock (5) mit der Werkstückträger-Spindel (20) axial fest angeordnet ist.

7. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Spindel (20) mit dem Werkstückträger (22) im Spindelstock (5) drehantreibbar (21), aber axial fest gelagert ist, daß der Spindelstock auf einem Support bzw. Schlitten sitzt, der in Richtung bzw. parallel zur Drehachse 10 von Spindel und Werkstückträger verstellbar an einem Grundgestell geführt ist, und daß der Winkelsupport für den Antriebskopf mit Werkzeugspindel und Bearbeitungswerkzeug von einem 15 zweiten Support bzw. Schlitten getragen ist, welcher in Richtung quer zur Drehachse von Spindel und Werkstückträger des Spindelstockes verstellbar ebenfalls auf dem Grundgestell geführt ist.

8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse (C-C) von Spindel (20) und Werkstückträger (22) des Spindelstockes (5) im Grundgestell (2) vertikal orientiert bzw. ausgerichtet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

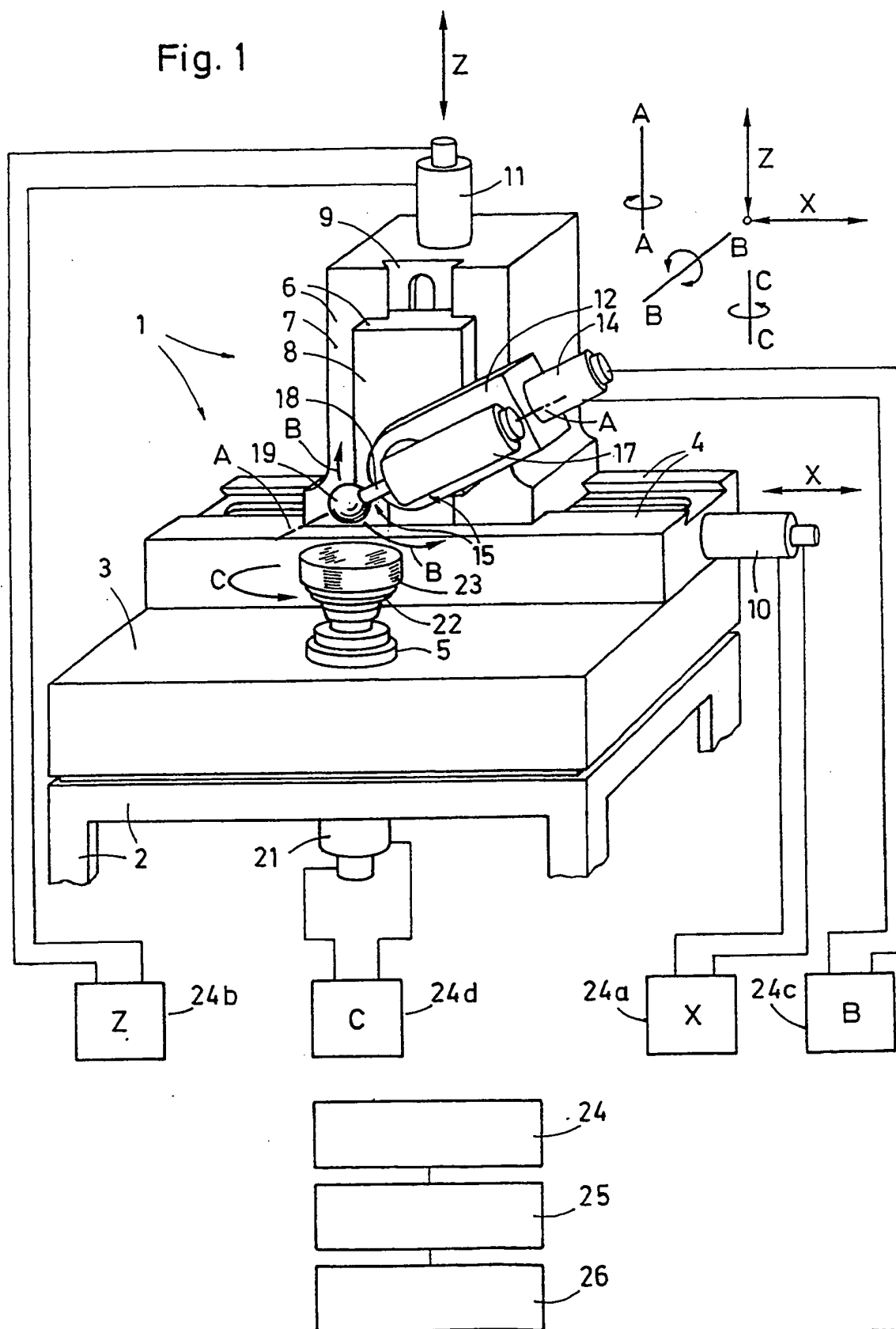


Fig.2

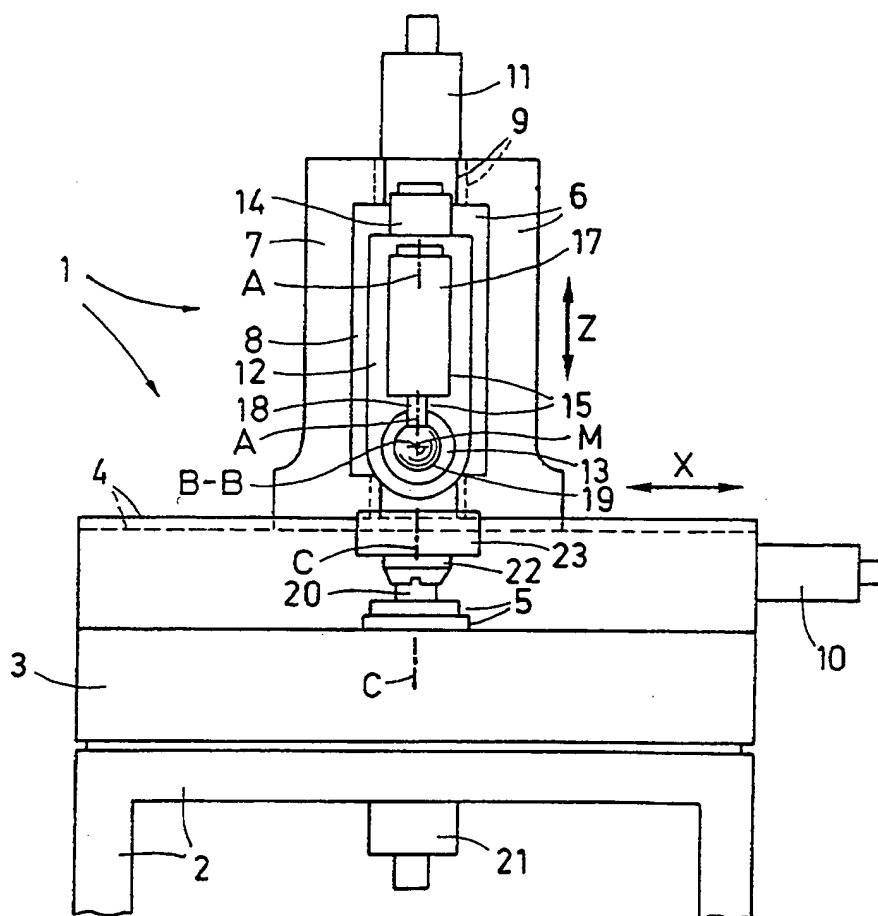
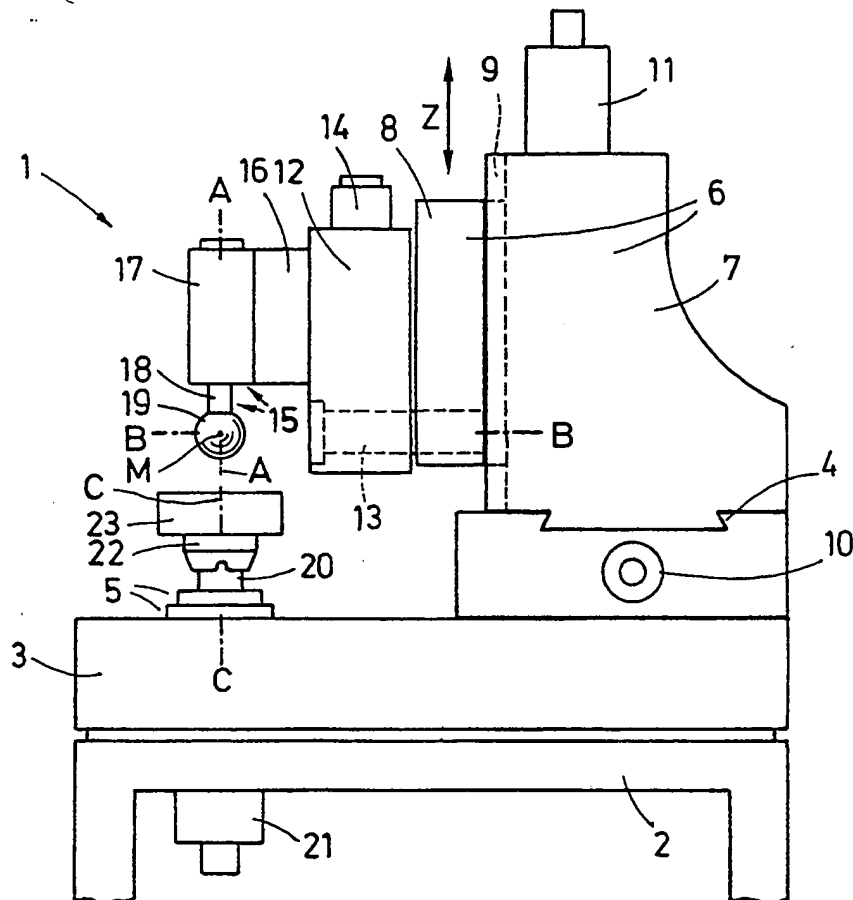


Fig.3



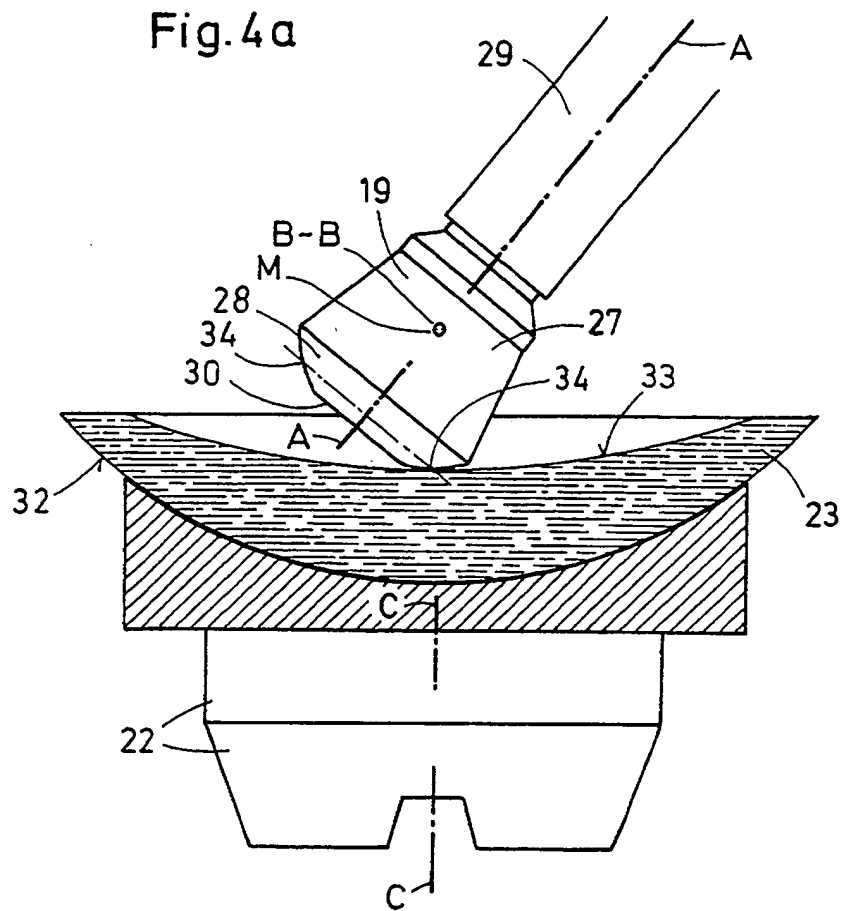
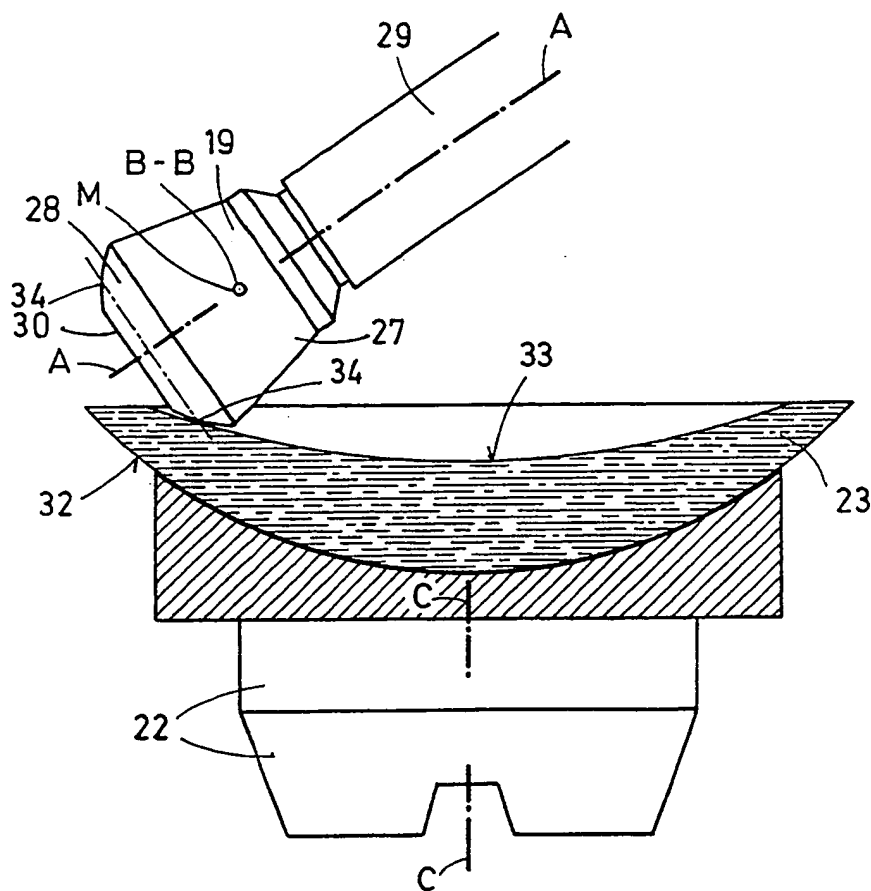
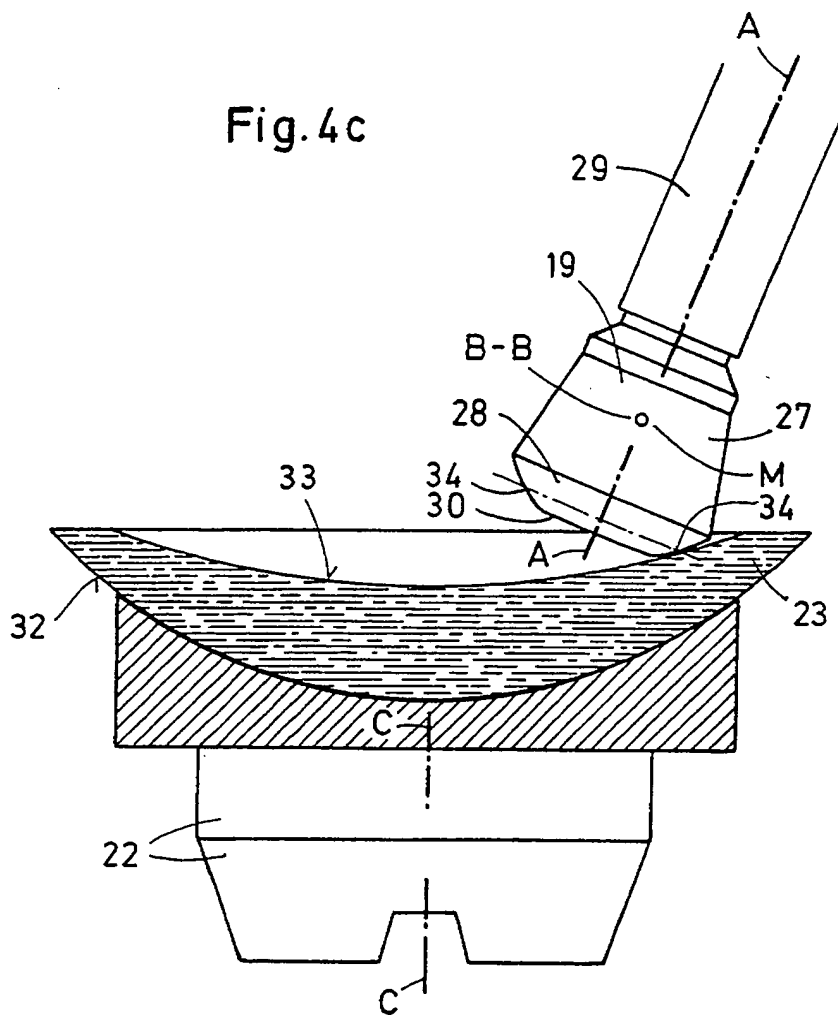


Fig. 4 b





(19) **FEDERAL
REPUBLIC OF
GERMANY**

**GERMAN
PATENT OFFICE**

(12) **Patent document for publication**
(11) **DE 196 16 526 A1**

(21) File no.: 196 16 526.1
(22) Application date: April 25, 1996
(43) Publication date: Nov. 6, 1997

(61) Int. Cl.⁶:
B 23 Q 1/25
B 23 C 3/18
B 24 B 13/00

(71) Applicant:
Jung, Rainer, 57290 Neunkirchen, DE

(74) Representative:
Hemmerich, Müller & Partner, 57072
Siegen

(72) Inventor:
Same as Applicant

(54) Machine for material-removing processing of optical materials for the manufacture of optical parts

(57) What is proposed and described is a machine (1) for material-removing processing of optical materials, e.g. for the manufacture of eyeglass lenses, wherein the processing tool 19 is arranged relative to the tool 23 so as also to be controllably swivelable around an axis B-B, which extends at a right angle to a plane defined by both coordinates of a rectangular or Cartesian coordinate system. Thereby, this swiveling displacement axis B-B is always maintained in an alignment or cover position relative to a midpoint M or a center for the cutting course of the processing tool 19 around the spindle rotation axis A-A, and the swiveling displacement axis B-B also always extends at a right angle to the rotation axis A-A of the processing tool 19. The angle support 12 is displaced around the swiveling displacement axis B-B by a servo motor 14, which is in computer-controlled connection with a servo controller 24.

The following data are taken from documents submitted by the applicant

Description

The invention concerns a machine for material-removing processing of optical materials for the manufacture of optical parts, especially for the manufacture of eyeglass lenses, with spherical, aspherical, toric, atoric, cylindrical or other optically effective surfaces, by means of milling and/or grinding processes, as well as polishing processes. This machine includes:

- a spindle head with a rotating spindle, on the free end whereof is a workpiece holder for an optical body, for example, a block clamping device for a lens blank,
- a drive head with a rapidly rotating spindle for the holding of a processing tool, for example, a milling cutter or grinding head,
- two supports or skids, which are adjustably arranged relative to each other and to a base frame in a rectangular or Cartesian coordinate system,
- an angular support, by means of which the processing tool can be brought into the processing positions relative to the workpiece holder and/or the optical body,
- whereby, by means of the supports or skids which can be adjusted within the coordinate system, the processing tool can be positioned and engaged against the workpiece and/or the optical body,
- whereby one of the supports or skids is adjustably oriented in the direction of and/or parallel to the axis of revolution of the spindle and workpiece holder on the spindle head, and the other support or skid is adjustably oriented perpendicular to the axis of revolution of the spindle and workpiece holder on the spindle head,
- and whereby the plane of the axis of the drive head and the processing tool, which extends parallel to a plane defined by both coordinates of the coordinate system, coincides with the axis of revolution of the workpiece holder and spindle on the spindle head.

A machine of the configuration described above has already been disclosed in DE 41 35 306 A1, together with a process and a system for surface processing and edge trimming of an eyeglass lens blank.

In addition, DE 41 35 306 A1 discloses a plurality of information, requirements and conditions, which are of significance for the processing of optical parts, especially eyeglass lenses, on the basis of specific prescription data.

The respective prescription data are input into an electronic computer – for example, by means of an input unit – and processed therein, in order to exert an influence on a servo controller. The servo controller converts the prescription data, which were transformed by the computer into numerical machine operation data, into movements of drive motors and/or servo motors, one of which adjusts or positions the respective angle of rotation of the workpiece holder with the optical body around the spindle head axis, relative to the processing tool. Two additional servo motors are used to determine the axial and the radial position between the workpiece or the optical body and the processing tool at any given moment in time. Each individual processing point on the workpiece or optical body – out of a very great number of processing points, which, in combination, define the shape of the optically effective surface of the optical part (eyeglass lens) specified by the prescription data – thus consists of three coordinates.

At each individual processing point on the optical body or lens blank for the eyeglass lens, the processing tool interacts with a circumferential line area, which, on one hand, depends on

the angular position (predetermined by means of the angular support) of the axis of rotation of the processing tool relative to the plane of rotation, on which the workpiece holder which holds the optical body rotates by means of its spindle in the spindle head. On the other hand, however, the circumferential line area of the processing tool which acts upon the optical body or lens blank at the given moment in time is determined by the axial and radial spatial position of the appropriate processing point, as specified in the prescription data, relative to the point of origin 0 of the optically effective surface concerned. The circumferential line areas of the tool which become effective with regard to the workpiece or optical body, and thereby the cutting conditions, also change constantly, along with the continually changing spatial position of the individual processing points relative to the point of origin 0 of the optically effective surface concerned. The above especially applies to the clearance angle – that is, the angle between the cutting area of the workpiece and the clearance surface of the cutter; the chip angle – that is, the angle between the perpendiculars to the cutting surface and the chip surface; and the cutting angle – that is the angle between the cutting surface and the chip surface.

Obviously, this type of surface processing of a workpiece (lens blank) used to form an optical body cannot be free of errors, and the processing errors peculiar to this milling and/or grinding process can only be corrected by means of a subsequent polishing process, which involves corresponding effort and expense.

An additional disadvantage lies in the fact that, as a function of the mode of operation of the machine known from prior art, only tools with relatively small diameters can be used. This is because, especially when working with tools with large diameters, there is a risk that the peripheral areas of the optical body (lens blank) being processed will be damaged in an extremely undesirable way.

The objective of the invention is accordingly to overcome the inconveniences peculiar to the machine known from prior art and described above and to facilitate the material-removing processing of optical materials for the manufacture of optical parts, especially for the manufacture of eyeglass lenses. Accordingly, the invention is based on the task of improving the machine characterized by the configuration described in detail above, so as to enable the attainment of a higher degree of precision, at least in the performance of the milling and/or grinding processes on the optical bodies, especially lens blanks. In addition, however, the invention should provide the possibility of using tools with larger diameters for the processing of the optically effective surfaces on the workpieces, in order to obtain better chip production and improved cost-effectiveness.

It has been found that the solution of this relatively complex task is amazingly simple to achieve, when:

- the angular support, with the drive head and the processing tool, is arranged so as to be swivelable, in a controlled matter, around an axis which extends at a right angle to a plane defined by both coordinates of the coordinate system,
- this swiveling displacement axis is always maintained in an alignment or cover position relative to a midpoint (center) for the cutting course of the processing tool around the spindle rotation axis of the drive head,
- and this swiveling displacement axis is also constantly maintained at a right angle to the rotation axis of the drive head and/or the processing tool,

- whereby, in addition to the drive motor or servo motor of the tool-holding spindle and the servo motors for both supports or skids, an additional servo motor for this swiveling displacement axis of the angular support is in computer-controlled connection with a servo controller.

In addition to the rotation axes of the workpiece holder and the processing tool, and in addition to both of the coordinate axes of the rectangular or Cartesian coordinate system, the machine according to the invention accordingly also provides a fifth axis of motion. This axis, in a computer-controlled matter, also affects the engagement and positioning of the processing tool relative to the optical body, especially the lens blank for an eyeglass lens, which is to be subjected to processing. This especially has the effect of ensuring that at least the milling and/or grinding processes, by which the optically effective surfaces are formed on the optical bodies, especially on lens blanks for eyeglass lenses, take place with a precision which significantly reduces or minimizes the subsequently required polishing process.

In a further embodiment of the invention, it is proposed that the angular support should be provided and/or arranged so as to be displaceable by an angle of up to 90° in both a clockwise direction of rotation and a counterclockwise direction of rotation around the swiveling displacement axis, relative to a starting position oriented on the rotation axis of the spindle and tool holder on the spindle head. This especially guarantees that all available forms of construction of processing tools may be used without difficulty for the material-removing processing of the optical material. In this connection, it is especially important that, according to the invention, the cutting course of the processing tool can be provided with a defined diameter and on a defined arc, relative to its midpoint maintained or oriented in a constant alignment or cover position with the swiveling displacement axis of the angular support. In this way, the computer-controlled servo controller is used to direct the cutting course of the processing tool, by means of the angular support, so as to be exactly tangential, relative to the optical body held by the workpiece holder of the spindle head, at any desired processing point out of a set of processing point data determined by the prescription information.

In a further development of the machine according to the invention, it has been shown to be especially successful when the spindle with the workpiece holder in the spindle head is positioned so as to be rotatable, but is fixed in the axial direction relative to a base frame, and when the drive head with the tool spindle and processing tool is located on a support or skid which is separately (that is, independently of the spindle head) arranged on the base frame, whereby the skid is adjustable in the direction of and/or parallel to the axis of rotation of the spindle and workpiece holder on the spindle head, relative to the base frame. In addition, the support or skid which carries the angular support for the drive head with the tool spindle and processing tool can represent one part of a cross-shaped support or skid, which has another support or skid part which can be displaced relative to the base frame on or in which the spindle head with the workpiece holder spindle is fixed in the axial direction.

In another form of construction of a machine according to the invention, the spindle with the workpiece holder can be rotatably driven, but fixed in the axial direction, in the spindle head, while the spindle head itself is located on a support or skid which is placed on a base frame so as to be adjustable in the direction of and/or parallel to the axis of rotation of the spindle and workpiece holder, whereby the angular support for the drive head with the tool spindle and processing tool is borne by a second support or skid, which is similarly adjustably placed

on the base frame, in a direction perpendicular to the rotation axis of the spindle and workpiece holder on the spindle head.

In all of the above cases, a construction of the machine according to the invention, whereby the rotation axis of the spindle and workpiece holder on the spindle head is vertically oriented or directed in the base frame, has proven to be successful.

Obviously, however, it is also conceivable for the rotation axis of the spindle and workpiece holder on the spindle head to be horizontally oriented or directed in the base frame, when this – as in the case of DE 41 35 306 A1 – appears to be desirable or necessary. In such a case, the displaceability of both supports or skids should be entirely horizontal within the rectangular or Cartesian coordinate system, and the swiveling displacement axis for the angular support should be vertical.

An embodiment of the machine which constitutes the object of the invention is represented in the drawings attached hereto, which show:

Figure 1: a schematic spatial representation of all significant structural and functional components of a machine for material-removing processing of optical materials.

Figure 2: the functionally significant mechanical structural components of the machine according to Figure 1, viewed from the front.

Figure 3: the functionally significant mechanical structural components of the machine according to Figure 1, viewed from the right side.

Figure 4a, 4b and 4c: three different processing positions of a milling machine used as a processing tool on the same eyeglass lens, which is to be processed from an optical body – for example, a lens blank held in a block clamping device.

Figures 1 to 3 of the drawings show a machine 1, by means of which material-removing processing of optical materials for the manufacture of optical parts, especially eyeglass lenses, can be performed by means of milling and/or grinding processes, as well as a polishing process. This machine 1 has a base frame 2 and a main body 2 [Translator's note: as written in the original German document; this is an error for "a main body 3"], the back part whereof is provided with a horizontally directed guide base 4. The front part of the main body 3 contains or comprises a spindle head 5. Resting on the guide base 4 is a cross-shaped support or skid 6, consisting of two supports or skids 7 and 8 which are adjustably arranged relative to the main body 3 and to the base frame 2 in a rectangular or Cartesian coordinate system. Thereby, the support or skid 7 is arranged so as to be displaceable along the horizontal guide base 4 in the direction of the X coordinate, whereby the support or skid 8 is vertically displaceable in the direction of the Z coordinate along a guide 9 of the support or skid 7. The movements of the cross-shaped support or skid 6 are accomplished by means of two servo motors 10 and 11. Thereby, the servo motor 10 is located laterally to the main body 3 of the machine 1 and accomplishes the movement of the support or skid 7 of along the guide base 4. The servo motor 11 is located above the skid 7 and serves for the movement of the support or skid 8 along the guide 9.

Arranged on the front of the support or skid 8 is an angular support 9. This angular support 9 is movable around a horizontal swiveling displacement pin 13, which protrudes from the

front of the support or skid 8 and is aligned with an axis B-B, which runs at a right angle to the plane common to both coordinates X and Z. The angular support 12 can be swivelably displaced, in a controlled manner, around the swiveling displacement pin 13 and/or around the axis B-B. This is accomplished by means of an additional servo motor 14, which, for example, can be located on the end of the angular support 12 which is farthest removed from the swiveling displacement pin 13. In this way, the angular support is displaceable by an angle of up to 90° in both a clockwise direction of rotation and a counterclockwise direction of rotation around the swiveling displacement pin 13, relative to a vertically oriented starting position (cf. Figure 2). In other words, it is arranged so as to be swivelably displaceable by a total of 180° relative to the support or skid 8.

Fastened to the angular support 12 is a drive head 15, for example, by means of a bracket 16. The drive head exhibits a spindle 18, which may be rapidly driven in rotation by means of a drive motor 17. The spindle 18 is used to hold a processing tool 19, for example, a milling cutter or grinder. Thereby, the spindle 18 with the processing tool 19 rotates in the drive head 15 around an axis A-A, which constantly extends at a right angle to the axis B-B of the swiveling displacement pin 13 for the angular support 12, and constantly intersects that axis at a point M.

By means of the angular support 12, the drive head 15 can be moved around the swiveling displacement pin 13 and/or around its axis B-B, so that the common rotation axis A-A of the spindle 18 and the processing tool 19 is displaced at an angle in a plane which extends parallel to the plane common to both coordinates X and Z. In this connection, it is important to that the point of intersection M between the two axes A-A and B-B is also maintained in a constant alignment or cover position relative to a midpoint or a center for the cutting course of the processing tool 19, as may be clearly seen in Figures 2 and 3.

The plane on which the common rotation axis A-A of the spindle 18 and the processing tool 19 can be displaced, by means of the angular support 12, around the swiveling displacement pin 13 and/or around its axis B-B, constantly coincides with an axis C-C, around which a spindle 20 in the spindle head 5 of the main body 3 of the machine 1 can rotate, said spindle 20 being driven by a drive motor or servo motor 21. Placed on the upper, free end of the spindle 20 is a workpiece holder 22 for an optical body 23 – for example, a block clamping device for a lens blank.

The processing tool 19, which is located in the drive head 15, can be positioned and engaged, by means of the two supports or skids 7 and 8 of the cross-shaped support or skid 6, relatively to the optical body 23 – for example, the lens blank – which is held in the workpiece holder 22, for the purpose of performing the material-removing processing. Thereby, the processing tool 19 – for example, a milling cutter or grinder – is displaced by means of the drive motor 17 and the spindle 18 of the drive head 15, in rapid rotation around axis A-A. The workpiece holder 22 with the optical body 23 can also be intermittently or constantly rotated, by means of the drive or servo motor 21 and the spindle 20, around the axis C-C of the spindle head 5.

While the processing tool 19 which is located in the drive head 15 is being rotated, by means of the drive motor 17, around axis A-A, movement control takes place, not only for the two supports or skids 7 and 8 of the cross-shaped support 6 in the direction of coordinates X and Z, but also for the swiveling displacement of the angular support around axis B-B and for the rotation of optical body 23 around axis C-C of the spindle head 5, in simultaneous dependence upon a servo controller 24, which is connected to a computer 25. Accordingly,

the servo controller has a control component 24a for the servo motor 10, a control component 24b for the servo motor 11, a control component 24c for the servo motor 14, and a control component 24d for the drive or servo motor 21.

The respective prescription data are input to the computer 25 – for example, by means of a suitable input unit 26. After processing the data, the computer 25 exerts an influence on the servo controller 24 and/or on the individual components thereof 24a, 24b, 24c and 24d. These in turn act on the servo motors 10, 11, 14 and the drive or servo motor 21, so as to accomplish not only the movements of the supports or skids 7 and 8 of the cross-shaped support or skid 6, but also those of the angular support 12 and the spindle 20 of the spindle head 5 with the workpiece holder 22 and the optical body 23. Thereafter, the processing tool 19 – the milling cutter or grinder – moves from one to another of a large number of individual processing points on the optical body 23 – for example, a lens blank – in order to perform the corresponding material-removing processing and said points. During this process, it is especially important that the intersection point M between the rotation axis A-A of the processing tool 19 and the axis B-B of the swiveling displacement pin 13 of the angular support 12 is maintained in an alignment or cover position relative to a midpoint or center for the cutting course of the processing tool 19. Only in this way can it be guaranteed that, at any desired processing point on the optical body 23, optimal working conditions are maintained, so as to prevent processing errors on the optical body 23 – for example, the lens blank of an eyeglass lens.

While the total structure of the machine 1 for the material-removing processing of optical materials is shown in Figures 1 to 3, Figures 4a, 4b and 4c show three different working positions of the processing tool 19 – for example, a milling cutter – on the same optical body 23. In this connection, it should be mentioned that each of Figures 4a to 4c shows not only the workpiece holder 22, but also the optical body 23 and the processing tool 19, on a scale significantly larger than that shown in Figures 1 to 3. Moreover, the processing tool 19, according to Figures 4a to 4c, does not have a completely spherical milling head 27, as shown in Figures 1 to 3. Rather, the milling head 27 according to Figures 4a to 4c is basically shaped in the form of a truncated cone. Thereby, in the area of its free end, it is provided with a longitudinal section 28 in the form of a spherical section between two parallel bases, so that the conic center M of said longitudinal section 28 coincides with the rotation axis A-A of the processing tool 19, and additionally – and this is exceptionally important – coincides with the axis B-B of the swiveling displacement pin 13 for the angular support 12 as shown in Figures 1 to 3. Because the midpoint or center M of the longitudinal section 28 in the form of a spherical section between two parallel bases, provided on the milling head 27, lies within the truncated conic section which tapers into the shaft 29 of the processing tool 19, it is obvious that the smaller-diameter circular surface 30 of the longitudinal section 28 is located at the free end of the milling head 27 which is farthest from the shaft 29.

It should now be assumed – taking into account Figures 4a to 4c – that the optical body 23 which is fastened to the workpiece holder 22 will be used for the production of a lens 31 with two optically effective surfaces, specifically, a convex lens surface 32 and concave lens surface 33. It should also be assumed that the example shown concerns the production of the concave lens surface 33 by means of material-removing processing of the optical body 23 with the help of the machine 1.

In the performance of this material-removing processing, the intention is to ensure that the milling head 27 of the processing tool 19, in acting on each individual processing point

stipulated in the prescription data, out of a very large number of processing points, presents (insofar as possible) the same circumferential line area 34 of its longitudinal section 28. This is indicated, in each of Figures 4a to 4c, by the points of intersection of a dot-dashed line extending normally to rotation axis A-A with the circumferential surface of the longitudinal section 28.

In order for the processing tool 19 to always fulfill these conditions, irrespective of which area of curvature of the concave lens surface 13 is to be processed by it at any given moment, the milling head 27 of the processing tool 19 must constantly be displaced at an angle around its center M, which is aligned with the axis B-B. This angular displacement must be exactly and purposefully controlled by means of the angular support 12 located on the swiveling displacement pin 13, so that the predetermined circumferential line area 34-34 comes in contact with a tangent which lies against both the arc of curvature of the longitudinal section 28 and the arc of curvature of the concave lens surface 33. The various angular positions, which must be set for the rotation axis A-A of the processing tool 19 relative to the axis of revolution C-C of the optical body 23, or of the lens 31 which is processed therefrom, may be clearly recognized by comparing Figures 4a to 4c with each other.

In the case of Figure 4a, it is obvious that the processing tool 19, with the circumferential line area 34-34 of its longitudinal section 28, is operating on the processing point of the concave lens surface 33 which coincides with the point of origin 0 of its optically effective surface.

On the other hand, in the case of Figure 4b, the processing tool 19, with the same circumferential line area 34-34, has attained a processing point on the concave lens surface 33 which is far to the left of center and relatively close to the left-hand margin of the lens 31 which is being produced.

Finally, in Figure 4c, the effective position of the processing tool 19 is close to the right-hand margin of the lens 31 which is being produced, whereby the longitudinal section 28 of the processing tool 19, with its circumferential line area 34-34, is operating on a processing point close to the right-hand margin of the lens.

The totally different angular positions of the rotation axis A-A of the processing tool 19 relative to the axis B-B and/or to the midpoint M of the milling head 27, which coincides therewith, may be clearly observed in Figures 4a to 4c.

Finally, it should expressly be stated that the machine 1, with the structure and mode of operation explained above, is not limited to the use of one particular processing tool 19, as has been shown in, and explained by means of, Figures 4a to 4c.

Rather, as expressly set forth above, it is important that processing tools of every available type can be used and controlled so as to implement the material-removing processing with a greater degree of position.

List of References

- 1 Machine
- 2 Base frame
- 3 Main body
- 4 Guide base
- 5 Spindle head
- 6 Cross-shaped support or skid
- 7 Support or skid
- 8 Support or skid
- 9 Guide
- 10 Servo motor
- 11 Servo motor
- 12 Angular support
- 13 Swiveling displacement pin
- 14 Servo motor
- 15 Drive head
- 16 Bracket
- 17 Drive motor
- 18 Spindle
- 19 Processing tool
- 20 Spindle
- 21 Drive for servo motor
- 22 Workpiece holder
- 23 Optical body
- 24 Servo controller
- 24a, 24b, 24c, 24d Components of the server controller
- 25 Computer
- 26 Input unit
- 27 Milling head of processing tool 19
- 28 Longitudinal section in the form of a spherical section between two parallel bases
- 29 Shaft
- 30 Small circular surface of the longitudinal section 28
- 31 Lens
- 32 Convex lens surface
- 33 Concave lens surface
- 34-34 Circumferential line area of the longitudinal section 28
- A-A Rotation axis of the processing tool
- B-B Swivel axis of the angular support
- C-C Revolution axis of the workpiece holder 22
- X Movement coordinate of the support or skid 7
- Z Movement coordinate of the support or skid 8

Patent Claims

1. Machine (1) for material-removing processing of optical materials for the manufacture of optical parts, especially for the manufacture of eyeglass lenses, with spherical, aspherical, toric, atoric, cylindrical or other optically effective surfaces, by means of milling and/or grinding processes, as well as polishing processes. This machine includes:

- a spindle head (5) with a rotating spindle (20), on the free end whereof is a workpiece holder (22) for an optical body (23), for example, a block clamping device for a lens blank,
- a drive head (15) with a rapidly rotating spindle (18) for the holding of a processing tool (19), for example, a milling cutter or grinding head,
- two supports or skids (7 and 8), which are adjustably arranged relative to each other and to a base frame (2) in a rectangular or Cartesian coordinate system (X, Z),
- an angular support (12), by means of which the processing tool (19) can be brought into the processing positions relative to the workpiece holder (22) and/or the optical body (23),
- whereby, by means of the supports or skids (7, 8) which can be adjusted within the coordinate system (X, Z), the processing tool (19) can be positioned and engaged against the workpiece and/or the optical body (23),
- whereby one (8) of the supports or skids (7, 8) is adjustably oriented in the direction of and/or parallel to the axis of revolution (C-C) of the spindle (20) and workpiece holder (22) on the spindle head (5), and the other support or skid (7) is adjustably oriented perpendicular to the axis of revolution (C-C) of the spindle (20) and workpiece holder (22) on the spindle head (5),
- and whereby the plane of the axis of the drive head (15) and the processing tool (19), which extends parallel to a plane defined by both coordinates of the coordinate system (X and Z), coincides with the axis of revolution (C-C) of the workpiece holder spindle (20) on the spindle head (5),

wherein:

- the angular support (12) and the processing tool (19) are controllably swivelable around an axis (B-B), which extends at a right angle to a plane defined by both coordinates (X and Z) of a rectangular or Cartesian coordinate system (X, Z),
- this swiveling displacement axis (13, B-B) is always maintained in an alignment or cover position relative to a midpoint (M) (center) for the cutting course of the processing tool (19) around the spindle rotation axis (A-A) of the drive head (15),
- and this swiveling displacement axis (13, B-B) is also constantly maintained at a right angle to the rotation axis (A-A) of the drive head (15) and/or the processing tool (19),
- whereby, in addition to the drive motor or servo motor (21) of the tool-holding spindle (20) and the servo motors (10, 11) for both supports or skids (7 and 8), an additional servo motor (14) for this swiveling displacement axis (13, B-B) of the angular support (12) is in computer-controlled connection with a servo controller (24).

2. Machine according to Claim 1, wherein the angular support (12) is provided and/or arranged so as to be displaceable by an angle of up to 90° in both a clockwise direction of rotation and a counterclockwise direction of rotation around the swiveling displacement axis (13, B-B), relative to a starting position oriented on the rotation axis (C-C) of the spindle (20) and tool holder (22) on the spindle head (5).
3. Machine according to either of Claims 1 and 2, wherein the cutting course of the processing tool (19) is provided with a defined diameter (34-34) and on a defined arc (28), relative to its midpoint (M) maintained or oriented in a constant alignment or cover position with the swiveling displacement axis (B-B, 13) of the angular support (12).
4. Machine according to any of Claims 1 to 3, wherein the cutting course of the processing tool (19) can be directed, by means of the angular support (12), so as to be exactly tangential, relative to the optical body (23) held by the workpiece holder (22) of the spindle head (5), at any desired processing point out of a set of processing point data determined by the prescription information.
5. Machine according to any of Claims 1 to 4, wherein the spindle (20) with the workpiece holder (22) in the spindle head (5) is positioned so as to be rotatable, but is fixed in the axial direction relative to a base frame (2), and when the drive head (15) with the tool spindle (18) and processing tool (19) is located on a support or skid (8) which is separately (that is, independently of the spindle head (5)) arranged on the base frame (2), whereby the skid (8) is adjustable in the direction of and/or parallel to the axis of rotation (C-C) of the spindle (20) and workpiece holder (22) on the spindle head (5), relative to the base frame (2).
6. Machine according to any of Claims 1 to 5, wherein the support or skid (8) which carries the angular support (12) for the drive head (15) with the tool spindle (18) and processing tool (19) represents one part of a cross-shaped support or skid (6), which has another support or skid part (7) which can be displaced relative to the base frame (2) on or in which the spindle head (5) with the workpiece holder spindle (20) is fixed in the axial direction.
7. Machine according to any of Claims 1 to 4, wherein the spindle (20) with the workpiece holder (22) is rotatably driven (21), but fixed in the axial direction, in the spindle head (5), while the spindle head itself is located on a support or skid which is placed on a base frame so as to be adjustable in the direction of and/or parallel to the axis of rotation of the spindle and workpiece holder, whereby the angular support for the drive head with the tool spindle and processing tool is borne by a second support or skid, which is similarly adjustably placed on the base frame, in a direction perpendicular to the rotation axis of the spindle and workpiece holder on the spindle head.
8. Machine according to any of Claims 1 to 7, wherein the axis of revolution (C-C) of the spindle (20) with the workpiece holder (22) in the spindle head (5) is vertically oriented or directed in the base frame (2).

Attached hereto are 6 pages of drawings

DE 196 16 526 A1